

J. Akademika Kim. 4(2): 64-70, May 2015

ISSN 2302-6030

EFEKTIFITAS BIJI KELOR (*Moringa oleifera Lamk*) SEBAGAI KOAGULAN BESI (Fe) DAN KALSIUM (Ca)

Effectiveness Seeds of Moringa (*Moringa oleifera Lamk*) as Coagulant for Iron (Fe) and Calcium (Ca)

*Akbar, Irwan Said, dan Anang Wahid M. Diah

Pendidikan Kimia/FKIP - Universitas Tadulako, Palu - Indonesia 94118

Received 05 March 2015, Revised 03 April 2015, Accepted 04 May 2015

Abstract

Research about coagulation of iron and calcium have been conducted using moringa (*Moringa oleifera Lamk*) seed coagulant through the variation of the concentration of moringa seed and depositional time. moringa seeds were used in this research that moringa seeds are old and dry. Compounds of moringa seeds that play role in the coagulation process of iron and calcium are proteins. This research was conducted to determine the optimum concentration of moringa seed and optimum deposition time on the process of coagulation using moringa seed coagulant in order to obtain the percentage decrease in the levels of iron and calcium. Variations in the concentration of moringa seeds were used in this research are 100, 200, 300, 400 and 500 ppm and the settling time is 30, 60, 90, 120 and 150 minutes. The results showed that the concentration of moringa seed and deposition time influenced in the process of coagulation of iron and calcium. In iron coagulation, obtained optimum concentration of 400 ppm moringa seeds and optimum settling time is 90 minutes. In these conditions the iron content decreased by 68.00 ppm or 66.95% from its initial level of 99.8 ppm. While the calcium coagulation, moringa seeds obtained optimum concentration of 500 ppm and optimum settling time of 120 minutes, which in this condition calcium levels decreased by 241 ppm or 49.00% of the initial concentration is 492 ppm.

Keywords: Seeds moringa (*Moringa oleifera Lamk*), coagulation, Iron, Calcium.

Pendahuluan

Air merupakan senyawa yang sangat penting dan besar pemanfaatannya bagi kehidupan makhluk hidup. Bagi manusia air digunakan untuk kegiatan rumah tangga, industri, pertanian, perikanan, dan lain-lainnya. Salah satu sumber air yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat di Kota Palu adalah air tanah atau air sumur. Menurut (Chandra, 2007), air tanah merupakan sebagian air hujan yang mencapai permukaan bumi dan terserap ke dalam lapisan tanah dan menjadi air tanah. Sebelum mencapai lapisan air tanah, air hujan akan menembus beberapa lapisan tanah dan menyebabkan terjadinya kesadahan air (mengandung ion logam Ca, Mg, Fe dan Mn).

Salah satu masalah air adalah karena tingginya kadar kalsium (Ca) atau yang sering dikenal dengan air sadah. Pada umumnya

air tanah atau air sumur mempunyai tingkat kesadahan yang tinggi (Nugrahyu & Purnomo, 2013). Hal ini terjadi karena air tanah mengalami kontak dengan batuan kapur yang ada pada lapisan tanah yang dilalui air. Adanya kesadahan dalam air dengan jumlah yang tidak memenuhi syarat dapat menyebabkan kerugian dari segi ekonomi dan segi kesehatan. Air kapur dapat menyebabkan beberapa masalah, misalnya dalam penggunaan di rumah tangga dan industri. Penggunaan di rumah tangga mengakibatkan konsumsi sabun lebih banyak. Hal ini disebabkan karena salah satu bagian dari molekul sabun diikat oleh unsur Ca. Sedangkan Penggunaan air kapur untuk industri dapat menyebabkan kerak pada dinding peralatan, seperti alat pemanasan sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan industri dan menghambat proses pemanasan (Dinora & Purnomo, 2013)

Konsentrasi kalsium dalam air minum yang lebih rendah dari 75 mg/L dapat menyebabkan penyakit tulang rapuh, sedangkan konsentrasi yang lebih tinggi dari 200 mg/L dapat

*Correspondence:

Akbar

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tadulako

email: akbar_ok46@yahoo.co.id

Published by Universitas Tadulako 2015

menyebabkan korosifitas atau kerak pada pipa-pipa air dan dapat menyebabkan penyakit batu ginjal (Nugrahyu & Purnomo, 2013)

Masalah lain yang timbul dari air tanah atau air sumur adalah kandungan besi (Fe) yang cukup tinggi. Secara umum besi terlarut dalam air tanah antara 1,0-10 mg/L, namun tingkat kandungan besi sampai sebesar 50 mg/L dapat juga ditemukan dalam air tanah (Elfiana, 2010). Perairan yang mengandung besi sangat tidak diinginkan untuk keperluan rumah tangga, karena dapat menyebabkan bekas karat pada pakaian, porselin, dan alat-alat lainnya serta menimbulkan rasa yang tidak enak pada air minum dengan konsentrasi diatas 0,3 mg/L (Achmad, 2004).

Air minum yang mengandung besi cenderung menimbulkan rasa mual apabila dikonsumsi. Kadar besi yang lebih dari 1 mg/L akan menyebabkan terjadinya iritasi pada mata dan kulit. Apabila kelarutan besi dalam air melebihi 10 mg/L akan menyebabkan air berbau seperti telur busuk. Gangguan fisik yang ditimbulkan oleh adanya besi terlarut dalam air adalah timbulnya warna, bau, rasa. Air akan terasa tidak enak bila konsentrasi besi terlarutnya melebihi 1,0 mg/L (Darmono, 2001).

Berdasarkan uraian di atas, apabila air yang dikonsumsi masyarakat tercemar atau mengandung kalsium dan besi melebihi ambang batas minimum yang ditentukan akan berdampak buruk bagi masyarakat. Hal ini perlu ditanggulangi dengan suatu proses yang tepat, seperti proses koagulasi. Koagulasi didefinisikan sebagai proses destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi termasuk bakteri dan virus dengan suatu koagulan, sehingga terbentuk flok-flok, dengan pengaruh grafitasi akan tersedimentasi (Nugroho dkk., 2014). Bahan koagulan yang biasa digunakan adalah tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), ferro sulfat (FeSO_4), ferri sulfat ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), poly alumunium klorida (PAC), ferro klorida (FeCl_2), ferri klorida (FeCl_3) dan koagulan alami biji kelor (Suherman & Sumawijaya, 2013). Biji kelor merupakan koagulan alami yang murah dan mudah didapat. kandungan dari biji kelor yang berperan dalam proses koagulasi besi dan kalsium yaitu protein. Protein dalam biji kelor mengandung tiga asam amino yang sebagian besar merupakan asam glutamat, metionin, dan

arginin, dimana pada asam amino ini terdapat gugus karboksil ($-\text{COO}-$) yang nantinya akan mengikat ion-ion logam berbahaya pada air (Hidayat, 2009). Berdasarkan kandungannya tersebut, sehingga biji kelor dapat difungsikan sebagai koagulan alami.

Tanaman kelor merupakan tanaman yang biasa dimanfaatkan sebagai sayuran. Bagian dari tanaman kelor yang biasa digunakan sebagai sayur, yaitu daun dan buah kelor. Adapun buah kelor yang digunakan yang masih muda, dan tidak dapat dijadikan sayuran lagi apabila telah tua dan kering (Fauzi, 2010). Selain itu, tanaman kelor juga dapat dimanfaatkan sebagai obat untuk menurunkan kadar gula darah dan juga obat cacingan (Sada & Tanjung, 2010). Berdasarkan ulasan tersebut, peneliti memanfaatkan biji dari buah kelor yang telah tua dan kering tadi sebagai koagulan. Selain itu, menurut Risianto (2009) keuntungan penggunaan biji kelor sebagai koagulan dalam pengolahan air yaitu caranya sangat mudah, tidak berbahaya bagi kesehatan, ekonomis dan kualitas air menjadi lebih baik (jernih).

Penggunaan biji kelor sebagai biokoagulan untuk mengurangi kadar logam dalam air, juga didasarkan pada hasil penelitian sebelumnya, antara lain: Serbuk biji kelor dapat menurunkan kadar timbal, kekeruhan dan intensitas warnanya (Nugroho dkk., 2014). Biji kelor terbukti dapat digunakan sebagai koagulan dalam menurunkan kadar ion logam kadmium(II) (Zulkarnain, 2008). Biji kelor terbukti dapat digunakan sebagai koagulan Fosfat dalam limbah cair rumah sakit (Khasanah, 2008). Biji kelor juga dapat digunakan sebagai koagulan dalam menurunkan kekeruhan, kadar ion besi dan mangan dalam air (Srawaili, 2007).

Bahan-bahan koagulan alami seperti biji kelor dimungkinkan dapat menggantikan bahan koagulan sintetis, sehingga permasalahan yang dihadapi oleh masyarakat dan industri dapat teratasi. Disisi lain pemanfaatan biji kelor yang selama ini jarang digunakan tentunya akan membantu meningkatkan perekonomian petani yang menanam pohon kelor. Berdasarkan kajian tersebut, peneliti berinisiatif untuk memanfaatkan biji kelor sebagai koagulan alami dalam menurunkan kadar besi dan kalsium dengan bervariasi konsentrasi biji kelor dan waktu pengendapannya, untuk dapat mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

Metode

Alat dan Bahan

Alat-alat utama yang digunakan pada penelitian ini adalah Spektrofotometer Ultraviolet dan Visible (UV-Vis) T 90, Flame fotometry, neraca analitik, ayakan 80 mesh, stopwatch, serta alat-alat gelas. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah buah kelor yang sudah tua, FeCl_3 (p.a), $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (p.a), larutan standar Fe 1000 ppm (p.a), larutan standar Ca 1000 ppm (p.a), KSCN (p.a), HCl pekat (p.a) dan aquades.

Cara Kerja

Langkah pertama yang dilakukan yaitu preparasi koagulan biji kelor, dengan cara buah kelor yang sudah tua di pohon diambil bijinya (dikupas kulit luarnya), kemudian dibersihkan dari kulit arinya (berwarna coklat) hingga diperoleh biji kelor yang berwarna putih. Biji kelor yang sudah dikupas selanjutnya dihaluskan dengan menggunakan lumpang dan alu. Kemudian dikeringkan dan dibuat menjadi serbuk dengan menggunakan ayakan 80 mesh, kemudian disimpan dalam toples dan ditutup rapat.

Penentuan konsentrasi optimum koagulan biji kelor dan waktu pengendapan sampel pada koagulasi besi (Fe), dilakukan dengan variasi konsentrasi serbuk biji kelor yaitu sebesar 100, 200, 300, 400 dan 500 ppm, dengan cara menimbang masing sebanyak 10, 20, 30, 40 dan 50 mg serbuk biji kelor, kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia 50 mL dan ditambahkan kurang lebih 3 mL larutan sampel besi 100 ppm, diaduk sampai diperoleh larutan berwarna putih, kemudian dicampur kembali dengan larutan sampel besi 100 ppm sebanyak 100 mL. Larutan ini diaduk cepat dengan magnetik stirer selama 30 detik, kemudian diaduk lambat selama 5 menit. Masing-masing larutan didiamkan dan dibiarkan mengendap dalam waktu 30 menit (waktu pengendapan minimum). Setelah itu larutan disaring, kemudian diukur kadar besi (Fe) dalam larutan tersebut, dan ditentukan konsentrasi koagulan biji kelor optimumnya. Sebelum mengukur konsentrasi sampel besi, terlebih dahulu encerkan sebanyak 10 kali.

Waktu pengendapan optimum sampel besi, dengan cara konsentrasi serbuk biji kelor optimum yang diperoleh pada perlakuan sebelumnya, dimasukkan ke dalam gelas kimia

50 mL dan ditambahkan sedikit larutan sampel besi 100 ppm. Pengadukan dilakukan seperti proses sebelumnya dan dilakukan pengendapan dengan memvariasikan waktunya yaitu masing-masing selama 30, 60, 90, 120 dan 150 menit. Setelah itu larutan disaring, kemudian diukur konsentrasi besi (Fe) dalam larutan tersebut, dan ditentukan waktu pengendapan optimumnya. Sebelum mengukur konsentrasi sampel besi, sampel tersebut terlebih dahulu encerkan sebanyak 10 kali.

Penentuan konsentrasi optimum koagulan biji kelor dan waktu pengendapan sampel pada koagulasi kalsium (Ca), dilakukan dengan cara yang sama seperti pada sampel besi namun menggunakan larutan sampel kalsium 500 ppm. Selanjutnya konsentrasi optimum koagulan biji kelor dalam menurunkan kadar kalsium (Ca) yang diperoleh pada perlakuan sebelumnya, akan digunakan untuk menentukan waktu pengendapan optimum sampel kalsium (Ca), dengan cara yang sama pada perlakuan sampel besi (Fe).

Hasil dan Pembahasan

Koagulasi dan flokulasi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain, konsentrasi atau dosis koagulan, kecepatan pengadukan, derajat keasaman (pH), waktu pengendapan, kekeruhan, jenis koagulan dan temperatur (Hammer, 1997). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektifitas koagulan biji kelor dalam mengurangi konsentrasi besi (Fe) dan kalsium (Ca) dengan memvariasikan dua faktor di atas, yaitu konsentrasi biji kelor dan waktu pengendapan sampel.

Penghalusan biji kelor bertujuan untuk memperbesar luas permukaan biji kelor sehingga semakin besar intensitas tumbukan antara besi dan kalsium dengan biji kelor. Variasi biji kelor diinteraksikan dengan sampel yang mengandung ion logam, kemudian diaduk dengan waktu pengadukan cepat 30 detik dan 5 menit pengadukan lambat. Pengadukan cepat bertujuan untuk memberikan kontribusi tumbukan antara koloid yang mengandung ion logam dan koagulan sehingga terjadi destabilisasi koloid yang bermuatan positif oleh koagulan kelor yang bermuatan negatif. Pengadukan lambat bertujuan untuk memberikan waktu untuk terjadi proses flokulasi yaitu terbentuknya flok-flok yang lebih besar sehingga membentuk endapan (Zulkarnain, 2008). Kemudian setelah diperoleh konsentrasi optimum biji kelor, maka

dilakukan variasi waktu pengendapan sampel yaitu selama 0, 30, 60, 90, 120 dan 150 menit.

Konsentrasi Optimum Biji Kelor dan Waktu Pengendapan Optimum Pada Koagulasi Besi (Fe)

Hasil penentuan konsentrasi optimum biji kelor dalam menurunkan kadar besi ditunjukkan pada Tabel 1 yang memperlihatkan pengaruh konsentrasi biji kelor terhadap penurunan konsentrasi besi (Fe). Sampel awal besi (Fe) 99,8 ppm setelah ditambahkan koagulan biji kelor dengan konsentrasi yang berbeda masing-masing 100, 200, 300, 400 dan 500 ppm dan didiamkan selama 30 menit, kadar besi (Fe) mengalami penurunan. Berdasarkan data tersebut dapat ditentukan konsentrasi optimum biji kelor yaitu 400 ppm, dimana pada konsentrasi tersebut kadar besi (Fe) yang terkoagulasi lebih besar yaitu sebanyak 62,00 ppm atau 62,12% sehingga kadar besi (Fe) pada sampel turun menjadi 37,80 ppm.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Konsentrasi Besi (Fe) dengan Memvariasikan Konsentrasi Serbuk Biji Kelor

Konsentrasi Biji Kelor (ppm)	Konsentrasi Fe (ppm)		Penurunan konsentrasi Fe (ppm)	Presentase penurunan (%)
	Sebelum Penambahan serbuk biji kelor	Setelah Penambahan serbuk biji kelor		
100	99,80	66,15	33,65	33,71
200	99,80	62,62	37,18	37,25
300	99,80	49,80	50,00	50,10
400	99,80	37,80	62,00	62,12
500	99,80	43,68	56,12	56,23

Ket :

1. Pada perlakuan ini, waktu pengendapan yang digunakan yaitu 30 menit.
2. Untuk menentukan konsentrasi Besi (Fe) larutan sampel diencerkan sebanyak 10 kali.

Perlakuan selanjutnya yaitu menentukan waktu pengendapan optimum sampel dengan menggunakan konsentrasi optimum biji kelor yang diperoleh sebelumnya yaitu 400 ppm. Hasil penentuan waktu pengendapan optimum dalam menurunkan kadar besi ditunjukkan pada Tabel 2 yang memperlihatkan pengaruh waktu pengendapan pada proses koagulasi terhadap konsentrasi besi (Fe). Sampel awal besi (Fe) 99,8 ppm, setelah ditambahkan koagulan

biji kelor sebanyak 400 ppm dan didiamkan dengan waktu yang berbeda masing-masing 30, 60, 90, 120 dan 150 menit, kadar besi (Fe) mengalami penurunan walau tidak begitu signifikan. Berdasarkan data tersebut dapat ditentukan waktu pengendapan optimumnya yaitu selama 90 menit, dimana dengan waktu pengendapan tersebut, kadar besi (Fe) yang dapat terkoagulasi lebih besar yaitu sebanyak 68,00 ppm atau 68,14% sehingga kadar besi (Fe) pada sampel turun menjadi 31,80 ppm.

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Konsentrasi Besi (Fe) dengan Memvariasikan Waktu Pengendapan Sampel

Waktu Pengendapan (menit)	Konsentrasi Fe (ppm)		Penurunan konsentrasi Fe (ppm)	Presentase penurunan (%)
	Sebelum Penambahan serbuk biji kelor	Setelah Penambahan serbuk biji kelor		
30	99,80	37,80	62,00	62,12
60	99,80	35,33	64,47	64,40
90	99,80	31,80	68,00	68,14
120	99,80	33,80	66,00	66,13
150	99,80	32,98	66,82	66,95

Ket :

1. Pada perlakuan ini, digunakan konsentrasi biji kelor yaitu 400 ppm (konsentrasi optimum yang didapatkan pada perlakuan sebelumnya).
2. Untuk menentukan konsentrasi Besi (Fe) larutan sampel diencerkan sebanyak 10 kali.

Konsentrasi Optimum Biji Kelor dan Waktu Pengendapan Optimum Pada Koagulasi Kalsium (Ca)

Hasil penentuan konsentrasi optimum biji kelor dalam menurunkan kadar kalsium ditunjukkan pada Tabel 3 yang memperlihatkan pengaruh konsentrasi biji kelor terhadap penurunan konsentrasi kalsium (Ca). Sampel awal kalsium (Ca) 492 ppm, setelah ditambahkan koagulan biji kelor dengan konsentrasi yang berbeda masing-masing 100, 200, 300, 400 dan 500 ppm dan didiamkan selama 30 menit, kadar kalsium (Ca) mengalami penurunan. Berdasarkan data tersebut dapat ditentukan konsentrasi optimum biji kelor yaitu 500 ppm, dimana pada konsentrasi tersebut kadar kalsium (Ca) yang terkoagulasi lebih besar yaitu sebanyak 227 ppm atau 46,1% sehingga kadar kalsium (Ca) pada sampel turun menjadi 265 ppm.

Tabel 3. Data Hasil Pengukuran Konsentrasi Kalsium (Ca) dengan Memvariasikan Konsentrasi Serbuk Biji Kelor

Konsentrasi Biji Kelor (ppm)	Konsentrasi Ca (ppm)		Penurunan konsentrasi Ca (ppm)	Presentase penurunan (%)
	Sebelum Penambahan serbuk biji kelor	Setelah Penambahan serbuk biji kelor		
100	492	382	110	22,3
200	492	346	146	29,7
300	492	290	202	41,1
400	492	268	224	45,5
500	492	265	227	46,1

Ket :

1. Pada perlakuan ini, waktu pengendapan yang digunakan yaitu 30 menit.
2. Untuk menentukan konsentrasi Kalsium (Ca) larutan sampel diencerkan sebanyak 10 kali.

Perlakuan selanjutnya yaitu menentukan waktu pengendapan optimum sampel dengan menggunakan konsentrasi optimum biji kelor yang diperoleh sebelumnya yaitu 500 ppm. Hasil penentuan waktu pengendapan optimum dalam menurunkan kadar kalsium ditunjukkan pada Tabel 4 yang memperlihatkan pengaruh waktu pengendapan pada proses koagulasi terhadap konsentrasi kalsium (Ca). Sampel awal kalsium (Ca) 492 ppm, setelah ditambahkan koagulan biji kelor sebanyak 500 ppm dan didiamkan dengan waktu yang berbeda masing-masing 30, 60, 90, 120 dan 150 menit, kadar kalsium (Ca) mengalami penurunan walau tidak begitu signifikan. Berdasarkan data tersebut dapat ditentukan waktu pengendapan optimumnya yaitu selama 120 menit, dimana dengan waktu pengendapan tersebut, kadar kalsium (Ca) yang dapat terkoagulasi lebih besar yaitu sebanyak 241 ppm atau 49,00% sehingga kadar kalsium (Ca) pada sampel turun menjadi 251 ppm.

Tabel 4. Data Hasil Pengukuran Konsentrasi Kalsium (Ca) dengan Memvariasikan Waktu Pengendapan Sampel

Waktu Pengendapan (menit)	Konsentrasi Ca (ppm)		Penurunan konsentrasi Ca (ppm)	Presentase penurunan (%)
	Sebelum Penambahan serbuk biji kelor	Setelah Penambahan serbuk biji kelor		
30	492	265	227	46,1
60	492	260	232	47,1
90	492	252	240	48,8
120	492	251	241	49,0
150	492	262	230	46,7

Ket :

1. Pada perlakuan ini, digunakan konsentrasi biji kelor yaitu 500 ppm (konsentrasi optimum yang didapatkan pada perlakuan sebelumnya).
2. Untuk menentukan konsentrasi kalsium (Ca) larutan sampel diencerkan sebanyak 10 kali.

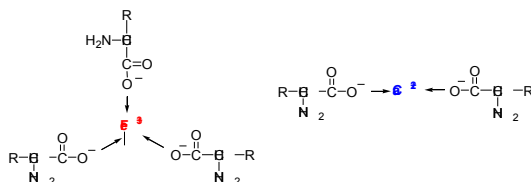
Berdasarkan data hasil yang telah diuraikan di atas, terlihat konsentrasi besi (Fe) dan kalsium (Ca) mengalami penurunan dari konsentrasi awalnya atau bisa dikatakan terjadi proses koagulasi. Kecenderungan meningkatnya koagulasi besi dan kalsium dipengaruhi oleh konsentrasi biji kelor dan waktu pengendapan sampel. Meningkatnya jumlah atau konsentrasi biji kelor mengakibatkan semakin banyak besi dan kalsium yang terikat pada biji kelor tersebut. Semakin lama waktu pengendapan sampel, waktu kontak antara koagulan dengan besi dan kalsium juga akan semakin panjang, sehingga semakin lama aksi gaya tarik terjadi antara keduanya, yang menyebabkan semakin banyak besi dan kalsium yang terikat dengan koagulan dan membentuk flok (Manurung dkk., 2012).

Berkurangnya konsentrasi besi dan kalsium disebabkan telah berinteraksinya logam tersebut dengan protein yang memiliki gugus fungsi karboksil (-COOH) dengan gugus alkil (R-) yang bermuatan negatif yaitu asam aspartat dan asam glutamat. Triyono (2010) menyatakan bahwa pada pH 6-7 asam amino memiliki muatan negatif, sehingga jika berinteraksi dengan besi dan kalsium yang bermuatan positif maka akan terjadi gaya tarik menarik dan membentuk flok yang akan mengendap seiring dengan lamanya waktu pengendapan.

Biji kelor merupakan bagian dari tanaman kelor yang memiliki protein dengan konsentrasi yang tinggi. Protein pada biji kelor mengandung tiga asam amino yang sebagian besar merupakan asam glutamat, metionin, dan arginin. Protein biji kelor penting untuk diketahui dalam proses penjernihan air, protein inilah yang berperan sebagai koagulan partikel-partikel penyebab kekeruhan. Protein tersebut adalah polielektrolit yang dapat membantu proses koagulasi dengan menetralkan muatan-muatan partikel koloid, tetapi polielektrolit bermuatan sama sebagaimana koloid dapat juga digunakan sebagai koagulan dengan menjembatani antar partikel (Hidayat, 2009). Kenyataan ini diperkuat oleh Muyibi & Evison (1995) yang menyatakan bahwa biji kelor sebagai polielektrolit dapat dijadikan sebagai bahan penjernih air yaitu dengan cara adsorpsi dan membuat jembatan antar partikel dan Ndagengesere dkk. (1995) menyatakan bahwa mekanisme koagulasi biji kelor didominasi oleh proses adsorpsi dan penetralan muatan.

Penggumpalan atau koagulasi besi dan kalsium dengan biji kelor terjadi karena adanya gaya adsorpsi (tarik-menarik) antara ion karboksilat (-COO-) yang terkandung dalam

protein pada biji kelor dengan partikel-partikel Fe^{3+} dan Ca^{2+} , sehingga akhirnya membentuk suatu jembatan antar muatan partikel dan membentuk agregat yang besar (Muyibi & Evison, 1995). Mekanisme reaksi kimia antara protein biji kelor dengan ion logam besi dan kalsium seperti pada Gambar 1.

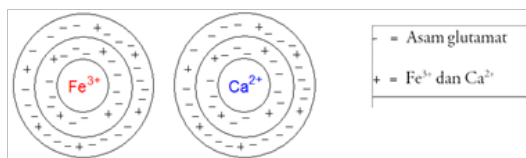


Gambar 1. Mekanisme Reaksi Ion Logam Fe^{3+} dan Ca^{2+} dengan Protein dari Biji Kelor

Peningkatan konsentrasi logam juga terjadi pada penelitian ini, yaitu konsentrasi besi (Fe) pada waktu pengendapan 120 dan 150 menit serta kalsium (Ca) pada waktu pengendapan 150 menit. Hal ini diduga karena lemahnya interaksi antara besi dan kalsium dengan biji kelor, seperti yang diungkapkan oleh Hidayat (2009) yang menjelaskan bahwa interaksi antara ion logam dalam hal ini besi dan kalsium dengan biji kelor adalah gaya Van der Waals. Umar & Liong (2014) menyatakan gaya Van der Waals merupakan gaya terlemah dan gaya universal yang dipengaruhi jarak yang tidak dapat menyebabkan pertumpangtindihan atau pengalihan elektron, gaya ini hanya mempunyai energi yang kecil yaitu sekitar 0,4 sampai 40 kJ/mol yang sehingga dapat terjadi pemutusan ikatan. Lemahnya energi yang dimiliki oleh gaya Van Der Waals antara biji kelor dengan besi dan kalsium mengakibatkan ion logam tersebut mudah terlepas kembali.

Mekanisme koagulasi besi (Fe) dan kalsium (Ca) oleh biji kelor secara fisika dapat dijelaskan dengan teori difusi lapisan ganda. Gambar 2 menunjukkan skema partikel koloid besi dan kalsium yang bermuatan positif dengan awan ion (lapisan difusi) di sekitar partikel. Protein merupakan makromolekul yang polielektrolit, Utami dkk. (2013) menyatakan bahwa biji kelor polielektrolit bermuatan positif, tetapi protein biji kelor juga memiliki jenis protein yang bermuatan negatif seperti asam amino asam glutamat. Ion bermuatan berlawanan dari protein yang berkumpul di daerah interfasi bersama muatan utama Fe^{3+} dan Ca^{2+} membentuk suatu lapisan elektrik ganda. Lapisan elektrik ganda akan mengikat ion lain yang bermuatan berlawanan sehingga lapisan (flok) yang terbentuk semakin besar seiring

dengan lamanya waktu pengendapan (Katayon dkk., 2004).



Gambar 2. Mekanisme Koagulasi dengan Lapisan Difusi Ganda

Kesimpulan

Koagulan biji kelor dengan konsentrasi 400 ppm dan waktu pengendapan 90 menit merupakan kondisi efektif dalam mengkoagulasi besi (Fe), yaitu sebanyak 68,00 ppm atau 66,95%. Sedangkan koagulan biji kelor dengan konsentrasi 500 ppm dan waktu pengendapan 120 menit merupakan kondisi efektif dalam mengkoagulasi kalsium (Ca), yaitu sebanyak 241 ppm atau 49,00%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada laboran Laboratorium Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, serta semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

- Achmad, R. (2004). *Kimia lingkungan (First ed.)*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Chandra, B. (2007). *Pengantar kesehatan lingkungan*. Jakarta: EGC.
- Darmono. (2001). *Lingkungan hidup dan pencemaran: Hubungannya dengan toksikologi senyawa logam*. Jakarta: UI-Press.
- Dinora, G. Q., & Purnomo, A. (2013). Penurunan kandungan zat kapur dalam air tanah dengan menggunakan media zeolit alam dan karbon aktif menjadi air bersih. *Jurnal Teknik POMITS*, 2(2), 78-82.
- Elfiana. (2010). Penurunan konsentrasi besi dalam air secara oksidasi kimia lanjut (fotokimia sinar uv dan uv-peroksidasi). *Journal of Science and Technology*, 8(17), 34-41.
- Fauzi, L. (2010). *Pengaruh pemberian rebusan daun kelor (moringa oleifera) terhadap kadar asam urat darah*. Skripsi, Medan: FK-UISU

Medan,

- Hammer. (1997). *Water and wastewater technology (Second ed.)*. New York: John Wiley and Son Inc.
- Hidayat, S. (2009). Protein biji kelor sebagai bahan aktif penjernihan air. *Journal of Biospecies*, 2(2), 12-17.
- Katayon, S., Megat, M. J., Noor, M., Asma, M., Thamer, A. M., Abdullah, A. G. L., Idris, A., Suleyman, A. M., Aminuddin, M. B., & Khor, B. C. (2004). Effects of storage duration and temperature of moringa oleifera stock solution on its performance in coagulation. *Journal of Engineering and Technology*, 1(2), 146-151.
- Khasanah, U. (2008). *Efektifitas biji kelor (moringa oleifera lamk) sebagai koagulan fosfat dalam limbah cair rumah sakit*. Skripsi, Malang: FST-UIN Malang.
- Manurung, T., Dewi, Y. S., & Lekatompessy, B. J. (2012). Efektifitas biji kelor (moringa oleifera) pada pengolahan air sumur tercemar limbah domestik. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 8(1), 37-46.
- Muyibi, S. A., & Evison, L. M. (1995). Moringa oleifera seeds for softening hardwater. *Journal of water research. Journal of Water Research*, 29(4), 1099-1105.
- Ndabigengesere, A., Narasiah, K. S., & Talbot, B. G. (1995). Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using moringa oleifera. *Journal of Water Research*, 29(2), 705-710.
- Nugrahayu, Q., & Purnomo, A. (2013). Penurunan kandungan zat kapur dalam air tanah dengan menggunakan filter media zeolit alam dan pasir aktif menjadi air bersih. *Jurnal teknik POMITS*, 2(2), 122-126.
- Nugroho, B. A., Miswadi, S. S., & Santosa, N. B. (2014). Penggunaan serbuk biji kelor untuk menurunkan kadar pb, kekeruhan dan intensitas warna. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(3), 174-178.
- Risianto, N. (2009). *Pengaruh variasi konsentrasi ekstrak serbuk biji kelor (moringa oleifera lamk) terhadap penurunan kesadahan air sumur artesis*. Skripsi, Semarang: Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Sada, J. T., & Tanjung, R. H. R. (2010). Keragaman tumbuhan obat tradisional di kampung nansfori distrik supiori utara kabupaten Supiori Papua. *Jurnal Biologi Papua*, 2(2), 39-46.
- Srawaili, N. (2007). A caladium seed (moringa oleifera) biocoagulan efectivity to decrease ferum (Fe) and manganese (Mn) concentration from aqueous solution. *Journal Environmental Science*, 4(57), 3549-3556.
- Suherman, D., & Sumawijaya, N. (2013). Menghilangkan warna dan zat organik air gambut dengan metode koagulasi-flokulasi suasana basa. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, 23(2), 125-138.
- Triyono, A. (2010). Pengaruh penambahan beberapa asam pada proses isolasi protein terhadap tepung protein isolat kacang hijau (phaseolus radiatus lamk). *Jurnal Rekayasa Kimia dan Proses*, 3(2), 23-31.
- Umar, M. R., & Liong, S. (2014). Efektifitas serbuk biji kelor (moringa oleifera lamk) dalam menurunkan kadar kadmium (Cd) pada air. *Jurnal Alam dan Lingkungan*, 2(3), 37-42.
- Utami, F., Rumhayati, B., & Masruri. (2013). Application of moringa oleifera seed powder for coagulating of iron(III) on local water resources. *Journal Pure App Chem Res*, 2(3), 122-125.
- Zulkarnain. (2008). *Efektifitas biji kelor (moringa oleifera lamk) dalam mengurangi kadar kadmium(II)*. Skripsi, Malang: FST-UIN, Malang.